

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-055929

(43)Date of publication of application : 24.02.1998

(51)Int.Cl.

H01F 41/02
B22F 3/00
B22F 3/02
H01F 1/053
H01F 1/08
// C22C 38/00

(21)Application number : 08-210655

(71)Applicant : HITACHI METALS LTD

(22)Date of filing : 09.08.1996

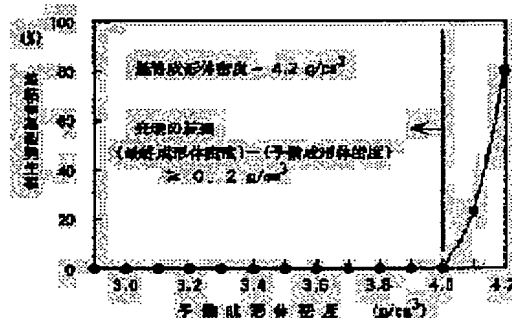
(72)Inventor : KIKUCHI AKIRA
TANIGAWA SHIGEO

(54) R-Fe-B RADIALLY ANISOTROPIC SINTERED MAGNET AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To avoid cracking the magnet with keeping its magnetic characteristics by specifying the density of a premolding, forming the preform into a final compact having a higher density than the premolding density and sintering it.

SOLUTION: The density of a preform is set to 3.1g/cm³ or more. In the multi-step molding with about five repetitions of moldings the premolding density is set to about 2.9-4.2g/cm³ and final molding density is set to about 4.2g/cm³. A final molding is sintered at about 1100° C for about 2hr. To find the crack ratio of the sintered molding with the premolding density varying in a range of about 2.9-4.2g/cm³, about 100 molding samples per premolding density are formed to check the existence of the crack at the joint face of the sintered premolding. As the result, the crack ratio is about 0% when the premolding density is about 4.0g/cm³ or less, increases with the density and about 80% when the density is about 4.2g/cm³ equal to the final molding density. Hence if the premolding density is 0.2g/cm³ less than the final molding density, the crack is avoidable.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.09.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3132393

[Date of registration] 24.11.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-55929

(43)公開日 平成10年(1998)2月24日

(51)Int.Cl. °

識別記号

F I

H01F 41/02

H01F 41/02

G

B22F 3/00

B22F 3/00

E

3/02

C22C 38/00

303

D

H01F 1/053

B22F 3/02

P

1/08

H01F 1/04

H

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平8-210655

(71)出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内 2 丁目 1 番 2 号

(22)出願日

平成 8 年(1996)8 月 9 日

(72)発明者 菊地 亮

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式
会社磁性材料研究所内

(72)発明者 谷川 茂穂

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式
会社熊谷工場内

(74)代理人 弁理士 大場 充

(54)【発明の名称】 R - F e - B 系ラジアル異方性焼結磁石およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 本発明は、多段成形により作製した焼結体の磁気特性を維持しつつ亀裂発生を防止できる R - F e - B 系ラジアル異方性焼結磁石の製造方法を提供することを目的とする。さらに、多段成形により作製した焼結体の磁気特性を維持しつつコストを低減できる R - F e - B 系ラジアル異方性焼結磁石の製造方法およびそれを用いた R - F e - B 系ラジアル異方性焼結磁石を提供するものである。

【解決手段】 同一の金型で複数個の予備成形体を成形し、最終加圧で一体化して最終成形体となし、最終成形体を焼結するラジアル異方性焼結磁石の製造方法において、予備成形体の成形体密度を 3 . 1 g / c m ³ 以上とし、最終成形体を予備成形体より 0 . 2 g / c m ³ 以上高い成形体密度に成形した後、焼結する R (R は Y を含む希土類の内 1 種類以上) - F e - B 系ラジアル異方性焼結磁石の製造方法。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 同一の金型で複数個の予備成形体を成形し、最終加圧で一体化して最終成形体となし、最終成形体を焼結するラジアル異方性焼結磁石の製造方法において、予備成形体の成形体密度を 3.1 g/cm^3 以上とし、最終成形体を予備成形体より 0.2 g/cm^3 以上高い成形体密度に成形した後、焼結することを特徴とする R (R は Y を含む希土類元素の内 1 種または 2 種以上) - Fe - B 系ラジアル異方性焼結磁石の製造方法。

【請求項 2】 少なくとも 1 層以上接合層を有する R - Fe - B 系ラジアル異方性焼結磁石において、接合層を含まない部分の配向方向の残留磁束密度と円周方向の残留磁束密度の和に対する配向方向の残留磁束密度の比率が 83 ~ 88% であることを特徴とする R - Fe - B 系ラジアル異方性焼結磁石。

【請求項 3】 少なくとも 3 層以上の接合層を有し、接合層間の長さが最も長い接合層間の長さに対し 80 ~ 100% の長さである請求項 2 に記載の R - Fe - B 系ラジアル異方性焼結磁石。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、モーターやセンサ等の応用分野で使用される R - Fe - B 系焼結磁石に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、R (R は Y を含む希土類の内 1 種類以上) - Fe - B 系焼結磁石の成形は、成形方向の長さ (以下 L という) が大きいものを成形する場合、L に合わせた金型を使用していた。このため、金型の L 方向の寸法が大きくなり、プレス機上での取り回しが困難になるほか、加圧ストロークが大きくなるためプレス機が大型化する問題点があった。R - Fe - B 系ラジアル異方性焼結磁石 (以下 R.R. 磁石という) の場合、例えば図 1 に示されるような磁気回路の構成をした金型を組み込んだプレス機により成形される。図 1 において、1 はダイス磁性部、2 はダイス非磁性部、3 は磁性材料からなるコア、4 は上パンチ、5 は下パンチ、6 は上部コイル、7 は下部コイル、8 はプレスフレームであり、ダイス磁性部 1、コア 3、上パンチ 4、下パンチ 5 で囲まれたキャビティに原料粉末を給粉し成形する。このときダイス 1、コア 3、上下パンチ 3、4 で囲まれたキャビティ内の磁場強度 (Bg) は、式 (1) で示される。

【0003】

【数 1】

$$B_g = \frac{d^2 \times \sigma_s}{4 \times D \times L_m} \quad (1)$$

【0004】 ここで、d はコア径、D はダイス内径、L_m はダイス磁性部分の長さ、また σ_s はコアの飽和磁化である。この金型を用い L の大きな R.R. 磁石を成形する

ためには、L_m を大きくする必要がある。しかしながら、キャビティ内に充填された原料粉をラジアル方向に配向させるためには Bg が 0.5 T 程度必要であり、 σ_s が 2 T 程度であることから L_m は式 (2) で示されるような制限がある。

【0005】

【数 2】

$$L_m \leq \frac{d^2}{D} \quad (2)$$

【0006】 そこで、L_m で成形できる R.R. 磁石より長い R.R. 磁石を製造する場合、従来は式 (2) を満足する L_m 以内の金型で成形し、これを焼結して得られる R.R. 磁石を複数個接着し、必要とする長さの R.R. 磁石としていた。この方法の場合、各 R.R. 磁石の間に接着層や表面処理層が存在するため、この分だけ総磁束量が低下し、さらに接着工数が多く製造コストが高くなる欠点があった。

【0007】 この問題点を解決する方法として、特開平 2-281721 号や特開平 6-13217 号が開示されている。特開平 2-281721 号ではキャビティに充填した原料粉を加圧成形した成形体をダイスの非磁性部に移し、その後でできたダイスの磁性部分のキャビティに原料粉を充填し加圧成形し、さらに得られた成形体を下方に移し給粉、加圧成形を任意回数繰り返し、L の大なる成形体を得る成形方法 (以下、この同一の金型の中で複数個の成形体を成形する方法を多段成形という) を提案している。この多段成形によると、L の大きな R.R. 磁石を製造することができる。しかし、この成形方法では、個々の成形体を成形する際の荷重が一定であるため成形体密度が等しく、焼結体において個々の成形体の接合面に亀裂が発生しやすい問題点があった。さらにキャビティ内の配向磁場強度を高くするため L_m が小さくなり、1 個の成形体を成形するのに必要な成形回数が増加するという問題点もあった。

【0008】 特開平 6-13217 号では、成形後の成形体を動かすことなく、加圧により生じた空間に原料粉を充填、加圧することを繰り返すことにより L を長くする成形方法を提案している。この方法では、個々の成形時の成形体密度を $2 \sim 3 \text{ g/cm}^3$ とし、最終的に加圧する際に 4 g/cm^3 程度に圧縮している。この方法によると、特開平 2-281721 号における焼結体の亀裂の問題点を解決することが可能であるが、成形体の長さは、1 段目の充填深さより長くなることはない。本発明者らは、特開平 2-281721 号の成形方法における亀裂の問題点を解決する方法として、この成形方法を用いる際、特開平 6-13217 号と同様に各段の成形における成形体密度を $2 \sim 3 \text{ g/cm}^3$ とし、最終的に加圧する際の成形体密度を 4 g/cm^3 とする方法を試みたが、亀裂は防止できるものの、得られた磁石の特性は十分な値が得

られなかった。

【0009】また、特開平2-281721号の亀裂の問題の解決方法として、特開平7-161524号では多段成形する際、成形体と成形体の間にRリッチな粉末を挟み込み成形することにより、焼結時の亀裂を防止できることを開示している。しかし、この方法の場合、磁石の耐食性付与のために行う表面処理を行っても、成形体の接合部分にあるRリッチな層が耐食性に対し他の部分より耐食性に劣る問題点があった。さらに、特開平2-281721号の成形方法で焼結体に亀裂無く製品が製造できた場合、Lを短くすることにより配向磁場強度を高くしても、配向磁場強度に見合った磁気特性の増加が得られない問題点があった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、多段成形により作製した焼結体の磁気特性を維持しつつ亀裂発生を防止できるR-F e-B系ラジアル異方性焼結磁石の製造方法を提供することを目的とする。さらに、多段成形により作製した焼結体の磁気特性を維持しつつコストを低減できるR-F e-B系ラジアル異方性焼結磁石の製造方法およびそれをを用いたR-F e-B系ラジアル異方性焼結磁石を提供するものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】多段成形において成形体をダイスの非磁性部に移し、ダイスの磁性部にできたキャビティに原料粉を供給する方法で、例えば5回成形しLの大きな5段の成形体を成形する際、1~4回目の成形までの成形体密度を3g/cm³とし、5回目の成形で4g/cm³として5段の成形体を得た場合、前述のように得られた磁石は十分な磁気特性が得られない（以下、1回目から最終回の1つ前までの成形を予備成形、得られる成形体を予備成形体、また最終回の成形を最終成形、得られる成形体を最終成形体と呼ぶ。なお、最終成形体の段数は、予備成形体に給粉して最終成形を行い予備成形体の段数+1段とすることが望ましいが、予備成形体に給粉することなく予備成形体の段数と同段数の最終成形体を得てもよい）。

【0012】本発明者は、種々検討の結果、以下の知見を得た。すなわち、予備成形において得られた予備成形体は、上下パンチを固定した状態でダイスとコアを引き上げるか、ダイスとコアを固定した状態で上下パンチを同時に下げることにより予備成形体をダイスの非磁性部分に移動させる。このとき、予備成形体は、ダイスおよびコアの壁面に押し当てられた状態で移動する。予備成形体が移動する際、成形体密度が2~3g/cm³程度であると、予備成形体の空隙が多すぎダイスおよびコアの壁面との摩擦により成形体の粉末が動いてしまう。このため、配向磁場方向に配向していた原料粉が配向方向とは別の方向に回転してしまい、予備成形体の配向が乱れ十分な磁気特性が得られなくなる。検討の結果、予備成形

体をダイスの非磁性部に移動させる際、原料粉が動くことなく予備成形体を移動させることができる成形体密度の最適値は3.1g/cm³以上であることが明らかとなった。また、予備成形体と最終成形体の成形体密度はその差が小さいと焼結後に成形体の接合面に亀裂が生ずるが、予備成形体密度から最終成形体の成形体密度を高くしていくと亀裂の発生率が低下していき、予備成形と最終成形における成形体の密度差が0.2g/cm³以上あれば、焼結体に亀裂を発生させることを防止できることが明らかとなった。したがって、本発明は、同一の金型で複数の予備成形体を成形し、最終加圧で一体化して最終成形体となし、最終成形体を焼結するラジアル異方性焼結磁石の製造方法において、予備成形体の成形体密度を3.1g/cm³以上とし、最終成形体を予備成形体より0.2g/cm³以上高い成形体密度に成形した後、焼結するR（RはYを含む希土類元素の内1種または2種以上）-F e-B系ラジアル異方性焼結磁石の製造方法である。

【0013】多段成形R.R.の場合、予備成形体をダイス非磁性部まで移す必要がある。しかし、移動した予備成形体の上端がダイス非磁性部にある場合、次の成形では一部分がダイス非磁性部分で成形されることになる。ダイス非磁性部分は配向磁場強度が極めて弱く、原料粉はほとんど配向しないため、予備成形体の接合部近傍に配向度の極めて悪い部分が生じてしまい、得られた多段成形R.R.磁石は低い磁気特性となってしまう。そこで、予備成形体を移動する際は、予備成形体の上端がダイス磁性部の下端あるいは一部分がダイス磁性部分に残るようにする必要がある（以下、予備成形体の一部分がダイスの非磁性部分に残っている部分をオーバーラップ、その長さをオーバーラップ量という）。しかし、強磁性体である原料粉からなる予備成形体がダイスの磁性部分に掛かった状態で配向磁場を印加すると、キャビティ内の配向磁場強度は、原料粉より磁束が通りやすいオーバーラップ部分に流れる磁束分だけ小さくなり、得られるR.R.磁石の配向度を低下させる原因となる。

【0014】オーバーラップ量により、R.R.磁石の磁力がどうなるか検討したところ、オーバーラップ量がダイス磁性部分の長さL₀の20%までは得られるR.R.磁石の磁力を低下させないことが明らかとなった。すなわち、予備成形体の長さはキャビティの深さに比例することから、得られるR.R.磁石の予備成形体および焼結体の1段分の長さは、L₀の重点深さのときとき最大となり、0.8L₀の充填深さのとき最小となり、最大の長さを基準に20%の範囲であれば磁気特性が変化しないことになる。ただし、R.R.磁石製品においては、製品の両端を製品の長さに合わせて加工する必要があり1段分の長さが変化するため、R.R.磁石の両端における1段分の長さを比較の対象とすることはできず、4段以上の多段成形をした場合、すなわち多段成形による成形

体を焼結することにより形成される接合層が少なくとも3層ある場合、接合層間の長さを比較することが可能となる。したがって、本発明は、少なくとも3層以上の接合層を有し、接合層間の長さが、最も長い接合層間の長さに対し80～100%の長さであるR-Fe-B系ラジアル異方性焼結磁石である。

【0015】多段成形において L_s を短くすることにより、配向磁場強度を高くすることができるにもかかわらず、得られたR.R.磁石の総磁束量は、配向磁場強度を高くした分だけの向上が見られない。多段成形をしたR.R.磁石を着磁し、L方向の表面磁束密度を測定すると例えば図2のような波形が観察される。この波形の凹部分が予備成形体の接合層の位置を示している。同一の金型で成形段数を変え、R.R.磁石を製造し、着磁後の単位 L あたりの磁束量を測定したところ成形段数の少ない方が高い値を示しことが判った。すなわち、同じ金型磁気回路でも、成形段数が増加すると、得られるR.R.磁石の単位長さの磁束量が低下する。

【0016】さらに検討を重ねたところ、ダイスの磁性部分の長さを長くすることにより、成形段数を減らしても段数を増加させた場合と同等の磁束量が得られることが判った。また、このときのB-H特性を直流B-Hトレーサーにて測定したところ以下のことが明らかとなった。R.R.磁石の配向方向の配向度を式(3)のように定義する。

【数3】

$$\text{配向度}(\%) = \frac{B_r //}{B_r // + B_r \perp} \times 100 \quad (3)$$

ここで B_r は残留磁束密度であり、記号//は配向方向、また \perp はそれに垂直方向を示す。同一寸法で、 L_s が異なっているため成形段数に差があるにもかかわらず磁束量が同等の多段成形R.R.磁石から図3のように予備成形体の接合部を含まない1段部分の試料を切り出した場合と、 L 全体分の試料を切り出した場合のB-H特性を測定したところ、 L_s が短い方が長い方に比べ1段分の試料での配向方向の B_r と配向度が高くなっていたが、 L 全体では B_r 、配向度ともに同等であった。また、1段分の予備成形体による焼結体から切り出した試料の配向度について種々の寸法のR.R.でさらに検討したところ、配向度を83～93%とすることにより良好な磁気特性を有するR.R.磁石が得られること、特に配向度83～88%の範囲では配向度88～93%の範囲とするより、磁気特性を維持しつつ L_m を長尺化することが可能であり、コスト的に有利であることが明らかとなった。なお、本発明において、接合層とは予備成形体が焼結により一体に結合された層であり、図2に示すように表面磁束密度の波形の凹部分として確認することができる。

【0017】

【発明の実施の態様】

【実施例1】組成が $32\text{Nd}-1.1\text{B}-\text{残Fe}$ (重量比)のインゴットを機械粉碎で平均粒径が $4.5\mu\text{m}$ (F.S.S.S.)とした原料粉を準備し、ダイス内径=30mm、コア径=22mm、 $L_s=16\text{mm}$ の金型を用い、各段の充填深さが15mmとし、5回成形を繰り返す多段成形を行った。このときの予備成形密度は $2.9\sim 4.2\text{g/cm}^3$ 、また最終成形密度は 4.2g/cm^3 とした。得られた最終成形体を $1100^\circ\text{C}\times 2\text{hr}$ の条件下で焼結した。図4に予備成形密度を $2.9\sim 4.2\text{g/cm}^3$ の範囲で変化させた場合の焼結体の亀裂発生率を示す。成形は、1つの予備成形体密度について100ヶずつ行い、焼結後予備成形体の接合面の亀裂の有無を確認した。その結果、図4の本発明の範囲で示されるように、予備成形体密度が 4.0g/cm^3 までは亀裂の発生率が0%、それを越えると亀裂発生率が増加し、最終成形密度と同じ 4.2g/cm^3 では亀裂発生率が80%となった。この結果から予備成形体密度を最終成形体密度より 0.2g/cm^3 以上小さくすると、焼結後の予備成形体の接合面における亀裂を防止できることがわかる。

【0018】【実施例2】実施例1の焼結体を $900^\circ\text{C}\times 2\text{hr}$ 、 $600^\circ\text{C}\times 2\text{hr}$ の熱処理、研削加工、および樹脂塗装による表面処理を行い、外径25mm、内径19mm、長さ30mmのR.R.磁石とした。このR.R.磁石を外周8極着磁し、総磁束量を測定したところ、図5に示す結果となった。予備成形密度が 3.1g/cm^3 以上である本発明の範囲では、総磁束量はほとんど変化せず、それより小さい範囲では、総磁束量が小さくなっていた。実施例1および2の結果より、多段成形の場合、予備成形体密度を 3.1g/cm^3 以上とし、最終成形体密度を予備成形体密度より 0.2g/cm^3 以上高くする必要があることがわかる。

【0019】【実施例3】実施例1と同じ原料、金型を用い、予備成形体のオーバーラップ量を変化させ多段成形により成形体を成形した。このとき、予備成形体密度を 3.6g/cm^3 また最終成形体密度を 4.1g/cm^3 とした。これを実施例1および2と同様の条件で焼結、熱処理、加工、および表面処理を行い、外径25mm、内径19mm、長さ30mmのR.R.磁石とし、着磁後の総磁束量を測定した。測定結果を、図6にオーバーラップ量に対する総磁束量としてプロットした。オーバーラップ量がマイナスすなわち成形の一部がダイス非磁性部で行われていた場合、ダイス非磁性部で成形される量が多くなるのにともない急激に磁束量が低下した。また、オーバーラップ量が3.2mmすなわち L_m の20%を越えて成形がなされた場合は、オーバーラップ量が増えるのにともない、しだいに磁束量が低下した。このことから、オーバーラップ量は L_s の20%以内とすることが望ましいことがわかる。

【0020】【実施例4】実施例1と同じ原料を用い、ダイス径、コア径が実施例1と同じで L_s が16mmと

0mmの2種類の金型を用い、 $L_s = 16\text{mm}$ の金型では1段の充填深さを15mmとし5段、 $L_s = 20\text{mm}$ の金型では1段の充填深さを19mmとし4段で成形を行った。また、予備成形体密度および成形体密度は実施例3と同じとした。得られた成形体を実施例1および2と同様の条件で焼結、熱処理、加工および表面処理し、外径25mm、内径19mm、長さ30mmのR.R.磁石とした。得られた磁石について総磁束量を測定した。また予備成形体の接合部を含まない位置から図3のように4（長さ方向）×6（円周方向）×2.5（配向方向）mmおよび30（長さ方向全長）×6（円周方向）×2.5（配向方向）mmの試料を切り出し、配向方向と円周方向のB-H特性を直流式B-Hトレーサーにて測定し、配向度を求めた。表1にそれぞれの金型の場合の、総磁束量、予備成形体1段分の配向度、R.R.磁石全体の配向度を示す。式（2）より $d'/D = 16.1\text{mm}$ であり、 $L_s = 20\text{mm}$ の金型では式（2）の範囲を満たしていないが、総磁束量は式（2）の範囲を満たしている $L_s = 16\text{mm}$ の場合と同じレベルであった。また、予備成形体1段分の配向度は、 $L_s = 20\text{mm}$ の方が85%と $L_s = 16\text{mm}$ の場合の89%より低い配向度であったにもかかわらず、全長の配向度では同等であり、 L_m を長尺化し式（2）の範囲外であっても良好な磁気特性が得られた。配向度を83~88%とすることは、 L_m を長尺化し、成形段数を削減することにより低コスト化が図れ、望ましい。

【0021】[実施例5] ダイスイ径60mm、コア径45mmで L_s が45mmと33mmの2種類の金型を用い、実施例1と同じ原料で $L_s = 45\text{mm}$ の金型では1段の充填深さを44mmで3段成形、 $L_s = 33\text{mm}$ の金型では32mmで4段成形とし予備成形体密度3.8、最終成形体密度 4.1g/cm^3 にて成形を行った。得られた成形体を実施例1および2と同様の条件で焼結、熱処理、加工および表面処理を行い外径50mm、内径39mm、長さ46mmのR.R.磁石とした。得られたR.R.磁石について総磁束量を測定した。また予備成形体の接合部を含まない位置から図3のように10（長さ方向）×8（円周方向）×3（配向方向）mmおよび46（長さ方向全長）×8（円周方向）×3（配向方向）mmの試料を切り出し、配向方向と円周方向のB-H特性を直流式B-Hトレーサーにて測定し、配向度を求めた。表1にそれぞれの金型の場合の、総磁束量、予備成形体1段分の配向度、R.R.磁石全体の配向度を示す。 $d'/D = 33.75\text{mm}$

であり、 $L_s = 45\text{mm}$ の場合、式（2）の範囲を満たしていないが、総磁束量は式（2）の範囲を満たしている $L_s = 33\text{mm}$ の場合と同じレベルであった。また、予備成形体1段分の配向度は、 $L_s = 45\text{mm}$ の方が84%と $L_s = 33\text{mm}$ の場合の90%より低い配向度であったにもかかわらず、全長の配向度では同等で、 L_m を長尺化し式（2）の範囲外であっても良好な磁気特性が得られた。配向度を83~88%とすることは、 L_m を長尺化し、成形段数を削減することにより低コスト化が図れ、望ましい。

【0022】[比較例] 実施例5で用いた $L_s = 33\text{mm}$ の金型と実施例1で用いた原料により、従来の方法で成形体密度 4.1g/cm^3 のLの短い成形体を成形し、これを焼結、熱処理、加工および表面処理を行い、内外径は実施例5と同じで、 L が11.5mmのR.R.磁石とし、これを4ヶ接着剤にて接着し長さ46mmの磁石とした。この磁石の総磁束量および10（長さ方向）×8（円周方向）×3（配向方向）mmの試料を切り出し、配向度を測定した。表1に結果を示すが、配向度は90%で実施例5の $L_s = 33\text{mm}$ の場合と同じであったのに対し、総磁束量は実施例5より小さい値を示した。

【0023】[実施例6] 実施例4で用いた $L_s = 20\text{mm}$ の金型と原料を用い、予備成形体密度、成形体密度を実施例4と同じ条件で、5段成形により成形した。このとき各段の充填深さを1段目=19mm、2段目=19.8mm、3段目=18mm、4段目=16.2mm、また5段目=19mmと成形段により変えた場合と、各段の充填深さを18.4mmに固定し、オーバーラップ量を一定とした場合の2種類の条件とした。得られた成形体を焼結、熱処理、加工および表面処理を行い、内外径は実施例4と同じで長さが54mmのR.R.磁石とした。着磁後、総磁束量と長さ方向の表面磁束密度から各予備成形体による部分の長さを測定した。表1に示されるように、各段の充填深さを変えた場合、1段目と5段目を除く2~4段目の予備成形体による焼結体長さは、7.2~5.9mmの範囲（接合層間の長さが最も長い接合層間の長さに対し82%）で異なっていたにもかかわらず、総磁束量は、充填深さを18.4mmに固定した場合と同じであった。

【0024】

【表1】

| | 金 型 寸 法 | | | 成形段数 | 予備成形体密度 (g/cm^3) | 成形体密度 (g/cm^3) | 総磁束量 | 配向度 | | 備 考 |
|-------|-------------------|-----------------|---------------------|------|-------------------------|-----------------------|---------|------|----|------------|
| | ダイス 内径 (mm) | コア 径 (mm) | ダイス 磁性部長 (mm) | | | | | 1 段分 | 全長 | |
| 実施例 4 | 30 | 22 | 20 | 4 | 3.6 | 4.1 | 478-482 | 85 | 84 | |
| | 30 | 22 | 16 | 5 | 3.8 | 4.1 | 478-482 | 89 | 84 | |
| 実施例 5 | 80 | 45 | 45 | 4 | 3.8 | 4.1 | 840-845 | 86 | 85 | |
| | 80 | 45 | 33 | 4 | 3.8 | 4.1 | 842-846 | 90 | 85 | |
| 比較例 | 80 | 45 | 33 | — | — | 4.1 | 830-833 | 90 | — | |
| 実施例 6 | 30 | 22 | 20 | 5 | 3.6 | 4.1 | 802-807 | — | — | オーバーラップ量変更 |
| | 30 | 22 | 20 | 5 | 3.8 | 4.1 | 800-809 | — | — | オーバーラップ量固定 |

【発明の効果】以上のように、本発明によると磁気特性 10
に優れた多段成形による R. R. 磁石をより低コストで提
供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 リング状成形体の成形装置の一例を示す図で
ある。

【図 2】 本発明ラジアル異方性焼結磁石の接合相と表
面磁束密度の分布を示す図である。

【図 3】 本発明ラジアル異方性焼結磁石の配向度の測
定方法を説明する図である。

【図 4】 予備成形体密度と焼結体の亀裂発生率との関
係を示す図である。

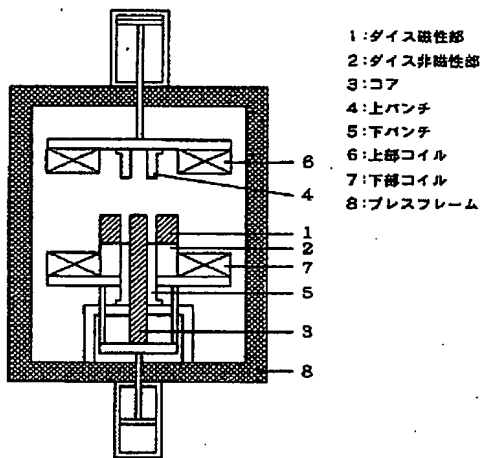
【図 5】 予備成形体密度と総磁束量との関係を示す図
である。

【図 6】 オーバーラップ量と総磁束量との関係を示す
図である。

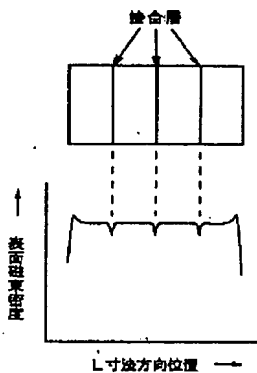
【符号の説明】

1 ダイス磁性部、2 ダイス非磁性部、3 コア、4
上パンチ、5 下パンチ、6 上部コイル、7 下部
コイル、8 プレスフレーム

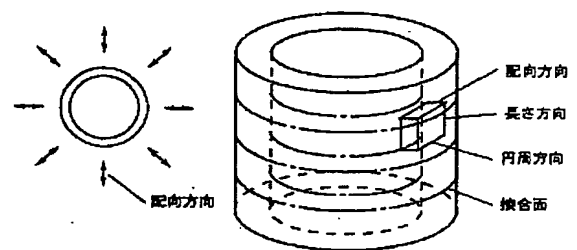
【図 1】



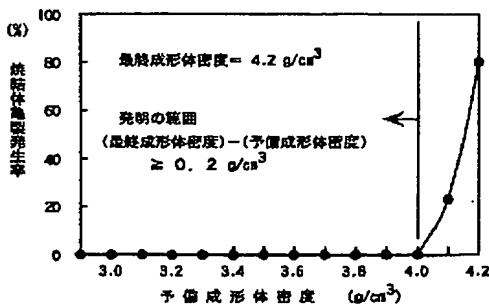
【図 2】



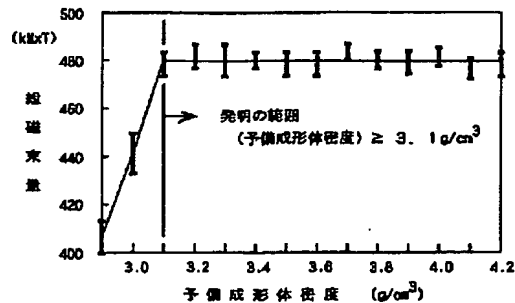
【図 3】



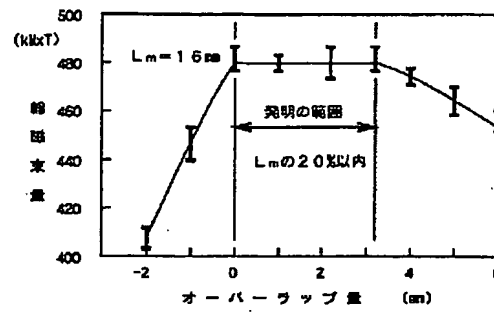
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁴

// C 2 2 C 38/00

識別記号

3 0 3

庁内整理番号

F I

H 0 1 F 1/08

技術表示箇所

B